

四万十川に生育するスジアオノリの生態

大野正夫¹・水谷里香^{1,*}・田井野清也²・高橋勇夫²

¹ 高知大学海洋生物教育研究センター

² 株式会社西日本科学技術研究所

Ecology of the edible green alga *Enteromorpha prolifera* in Shimanto River, Southern Japan

Masao OHNO¹, Satoka MIZUTANI^{1,*}, Seiya TAINO², Isao TAKAHASHI²

¹ Usa Marine Biological Institute, Kochi University, Kochi University, Usa-cho, Tosa, Kochi, 781-1164, Japan (Email: mohno@cc.kochi-u.ac.jp)

² Nishinippon Technical Institute, 9-30, Wakamatsu-cho, Kochi, 780, Japan

Abstract: *Enteromorpha prolifera* is an edible green alga and was Japanese name "aonori". The raw material is taken from naturally growing fronds in the brackish waters of estuaries in Japan. The fronds grow well during the winter (December to January) and spring season (April to May) in the Shimanto River, Shikoku, Southern Japan. The maximum length and standing crop of *Enteromorpha* fronds increased to more than 30 cm and 100 g/m² dry wt. respectively in the growing season. The horizontal distribution of *Enteromorpha* fronds grew well at shallower depth (T.P. -0.5 m to -1.5 m) in the winter season and at deeper layers (T.P. -1.5 m -3.0 m) in the spring season.

Key words: *Enteromorpha prolifera*, ecology, Shimanto River, edible green algae

スジアオノリ *Enteromorpha prolifera* は、気水域に広く分布し、濃緑色のものは青海苔（青粉）として、古くから食用にされてきた。青海苔の主要な生産地として知られる高知県下の四万十川河口域では、スジアオノリは1960年代には、毎年30-50トン（乾燥重量）あまり採取され、「四万十川のスジアオノリ」としてブランド品となっていた。しかし、近年、生産量は激減し、回復に向けた対策がはかられている。四万十川のスジアオノリの生態については、冬ノリ（11月～1月）と春ノリ（4月～5月）の分布、生育層の違いについての報告がある（大野・高橋，1988）。しかし、詳しい生態的調査は十分に行われていない。そこで、スジアオノリの季節的消長と水深による生育の変化等の調査を行ったので報告する。

調査方法

季節的消長調査

四万十川河口域において スジアオノリがよく繁茂する区域の中に、St. 1（河口より3.5 km 上流，右岸），St. 2（河口より5.1 km 上流，左岸）を定めて（Fig. 1），1987年3月より1989年

*現所属：高知県立高知南高等学校

12月の間、月2回の大潮の干潮時に調査を行なった。各定点で、垂直的な生育をみるために、岸から川の中央に向けて2m間隔（5箇所：A, B, C, D, E）でアオノリを採取した。試料の採取は平均的な生育がみられる藻体が着生している石を3個採取した。葉長の測定は、それぞれの試料から長い藻体を選び100個体を測定し、平均値と標準偏差を求めた。現存量の測定は、5×5cmの枠内の藻体を刈り取り、その乾燥重量を単位面積（m²）当たりの現存量に換算した。環境要因として、水温、濁度（コロナ社、UT-11濁度計）、塩分（鶴見精機社、T.S Digital Lab. Salinometer）を測定した。

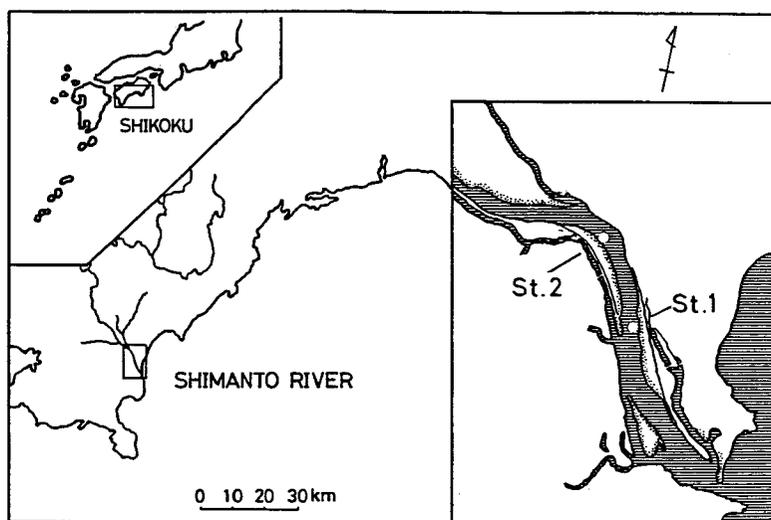


Fig. 1. Sampling station at the Shimanto River, Kochi Prefecture.

生育層調査

調査は1990年11月から翌年5月にかけて、毎月2回、St. 1で行われた。調査区域は、幅5mで、川床がT.P. 0.5～-3.0mの範囲となるように設定した。試料は、大潮時にT.P. -0.5, -1.0, -1.5, -2.0, -2.5, -3.0mの6層のうちアオノリが生育していた層で採集し、葉長（30個体/1層）を測定した。同時に坪刈り（5×5cm）を行い、単位面積当たりの現存量を測定した。環境要因として、干潮と満潮の中間時に11～3月は、T.P. -0.5, -1.0, -1.5, -2.0mの4層で、4～5月は、T.P. -1.0, -2.0, -3.0mの3層で採水し、水温、濁度、塩分を測定した。

結 果

冬ノリと春ノリの形態

四万十川に生育するスジアオノリの形態は、他の地域の葉体に比べて、葉幅が狭いことが特徴である。四万十川の河口域にみられるスジアオノリは、10月下旬から11月上旬に芽生える。12月から1月に採取される冬ノリは、比較的浅いところに濃密に繁茂しており、葉長は数10cmほどになり葉幅が狭いものが多く、分枝した副枝と主枝の葉幅には大きな差異がないことが特

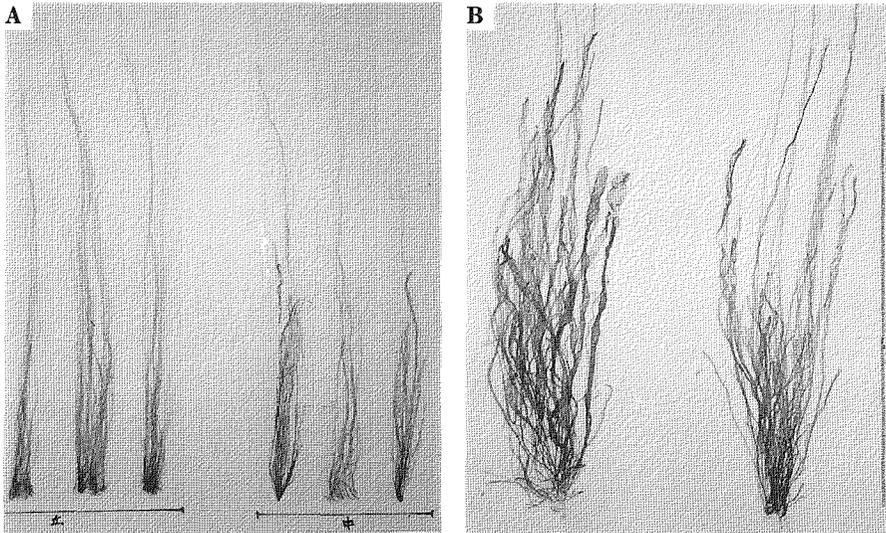


Fig. 2. *Enteromorpha prolifera* A: fronds collected in winter season, B: fronds collected in spring season.

徴である (Fig. 2A). 冬ノリとされる葉体は、3月頃には衰退し、4月下旬より再びスジアオノリが比較的深いところに繁茂する。この時期のスジアオノリを春ノリと呼んでいるが、繁茂する期間は2~3週間で衰退が早く、年により繁茂状態に大きな差異があり、ほとんど採取出来ない年もある。

春期に深いところに繁茂している藻体は、葉長が1m以上になり、主枝が広いという特徴がみられる (Fig. 2B)。しかし、冬ノリでも深いところに繁茂する藻体は、主枝の幅が広いものもみられる。

スジアオノリの季節的消長

環境要因：環境要因の経月変化を Fig. 3 に示す。水温は St. 1, 2 の間に大きな差異がないが、季節的変動は著しかった。各年とも1~2月に11~8°Cまで低下し、その後上昇し4月になると15°Cを越えて、7月から9月上旬にかけて28~30°Cになった。

濁度は大雨がない時は、通年、2~4度であった。大雨が続くと10~30度と高い値を示した。塩分は、各年とも冬期(12月から1月)に高くなり、10~15 PSUの範囲に

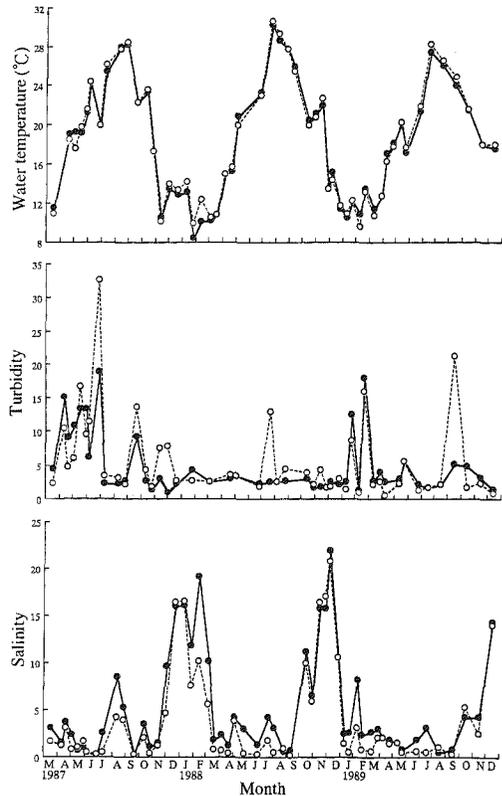


Fig. 3. Seasonal changes in surface water temperature, turbidity and salinity. ○ : Station 1 ● : Station 2

あった。梅雨期から夏期にかけて降水量が多くなるに伴い塩分の低下がみられた。

中村市の降水量（高知地方気象台）を Fig. 4 に示す。各年とも冬期には少なく、梅雨期から夏にかけて増加する傾向がみられ、1989年8月、9月には、月間633 mm の高い値を示し、塩分の低下と一致した。

スジアオノリの生長：四万十川のスジアオノリは年2回、冬期（12～1月）

と春期（4～5月）に繁茂期があった。10月下旬から11月上旬に葉体が浅いところに現われて、12～1月に最もよく伸長した。2～3月になると徐々に葉長が短くなり色調も悪くなっていった。4～5月になると深いところに葉体が繁茂した。6月になると葉体は消え、夏には、葉体はみることができなかった。

葉長：St. 1, 2の葉長の季節的消長を Fig. 5, 6 に示す。St. 1においては、1987年12月から翌年1月に良く伸長し、1988年1月には平均葉長は65 cm に達し、繁茂域も広く岸より8 m 沖まで密生していた。同時期の St. 2 では、最も伸長していたA点においても平均葉長が35 cm であり、St. 1 に比べ伸長状態が良くなかった。1989年1～2月には、スジアオノリの生育はみられた

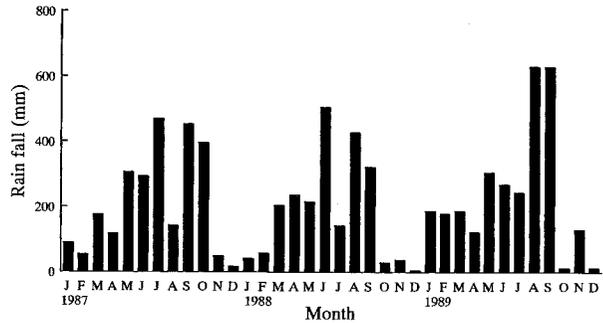


Fig. 4. Seasonal changes in rain fall in study site.

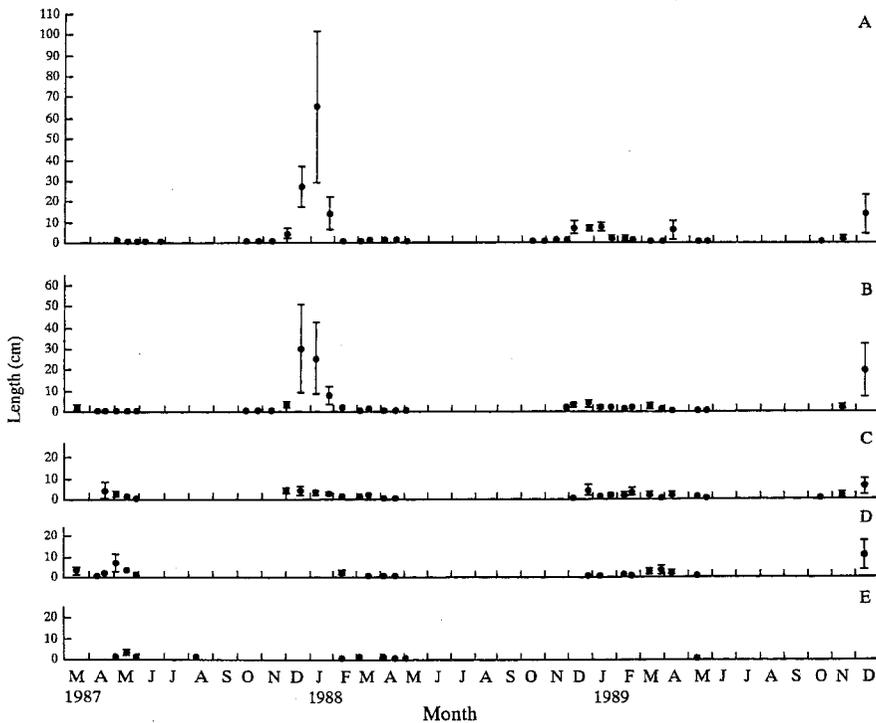


Fig. 5. Seasonal changes in frond length of *Enteromorpha prolifera* growing at Station 1.

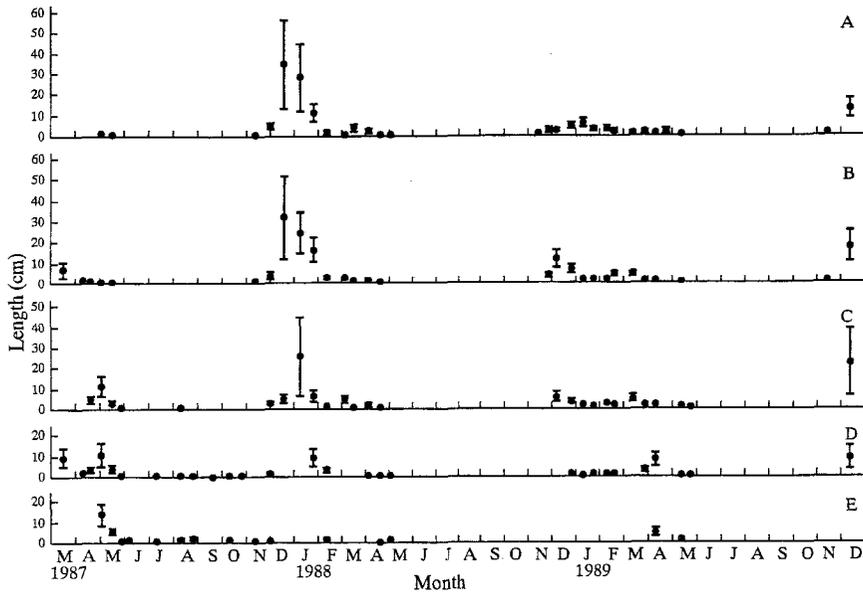


Fig 6. Seasonal changes in frond length of *Enteromorpha prolifera* growing at Station 2.

が、両地点とも平均葉長は10 cm 以下であった。4～5月の春ノリは、毎年両地点ともみられたが、10 cm 以下で大きく伸長しなかった。調査期間中、下流側の St. 1 は浅いところで藻体の伸長状態が良かった。一方、上流側の St. 2 では St. 1 に比べてより深いところまで伸長した藻体が見られた。

現存量：St. 1, 2 の現存量の季節的消長を Fig. 7, 8 に示す。St. 1 では、各年とも冬期の1～2月に高い値を示した。1988年1月には水深の浅いA点で、294 g/m² dry wt.、少し深いB点で182 g/m² dry wt. を示した。さらに深くなると現存量は減少していった。春ノリの繁茂は各年とも認められたが、1988年4～5月に水深の深いD点で良く繁茂し、102 g/m² dry wt. の現存量があった。St. 2 のB点では1988年1月に、542 g/m² dry wt. と高い値を示し、両地点とも同様の変動傾向を示したが、St. 2 は St. 1

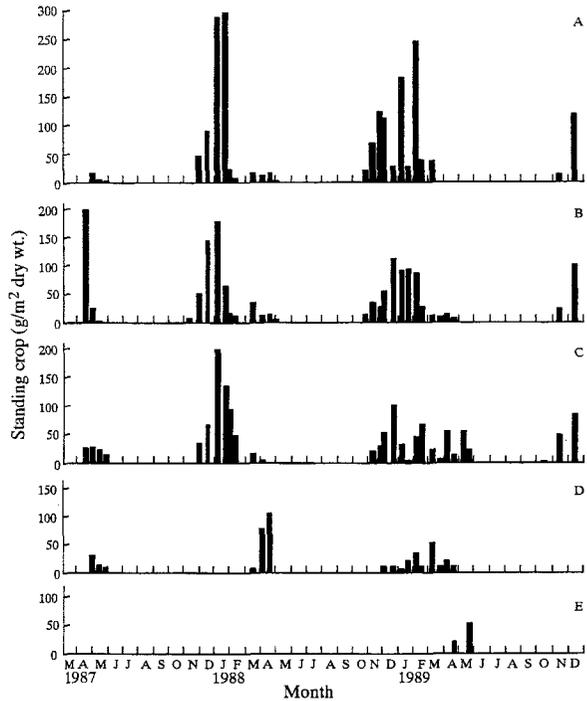


Fig. 7. Seasonal changes in standing crop of *Enteromorpha prolifera* growing at Station 1.

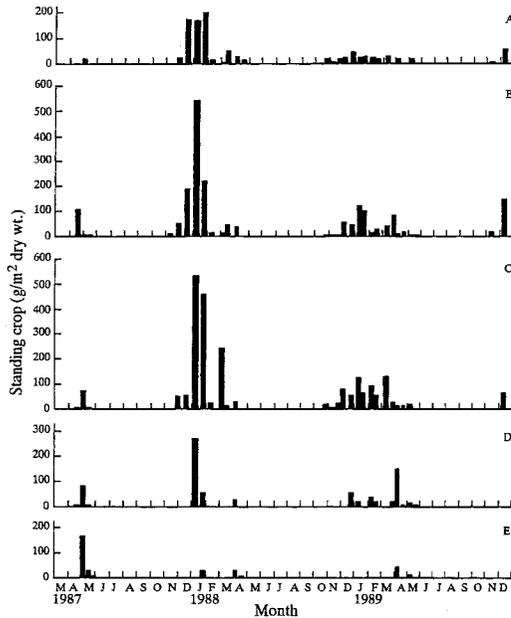


Fig. 8. Seasonal changes in standing crop of *En-teromorpha prolifera* growing at Station 2.

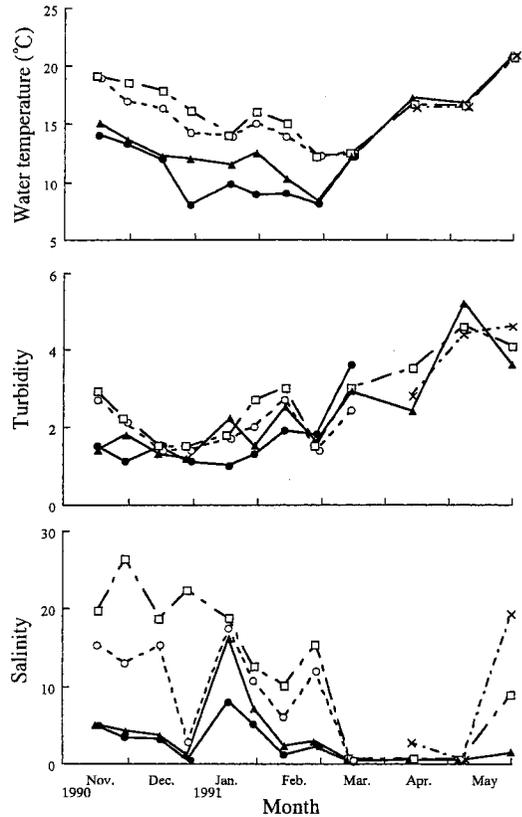


Fig. 9. Seasonal changes in water temperature, turbidity and salinity at different depths at Station 1.

● -0.5T.P.m ▲ -1.0T.P.m □ -2.0T.P.m
○ -1.5T.P.m × -3.0T.P.m

に比べ水深の深いところで高い現存量を示す傾向が見られた。

スジアオノリの水深別生育状態

環境要因：水温の変動は Fig. 9 に示ように、海水が底層に流入するので、11月から3月まで底層が高い現象がみられた。11月には表層は19°C、底層は14~15°Cであったが、その後2月下旬まで徐々に下降し、最低水温は表層では13°C、底層では10°Cになった。3月になると上昇し、5月下旬には表層、底層ともに21°Cになった。

濁度は、冬ノリの生育期間中の11月から3月において、降雨後には、3度まで上昇したが、概ね2度以下であった。春ノリの生育期間（4~5月）に入ると、降水に伴う濁りのために、全層で4度前後になった。

塩分は、降水により大きく変動した。底層の塩分は海水の流入の影響を強く受け、降水の影響のない時には8~14 PSUで比較的安定していた。表層の塩分は低く、ほとんど淡水化した時もあった。3月下旬から4月には極めて低い塩分を示した。

各層の干出状況をみると冬ノリの繁茂期の12月中旬の中潮時では、T.P. -0.5m層は干出時間が長く、満潮の前後6時間を除いては干出していた。-1.0m層は潮位が大きく低下する夜間の干潮時にわずかに干出するものの、昼間は干潮時においては干出することはなかった。T.P. -1.5m以深では干出することはなかった。

春ノリの繁茂期中潮時においては、T.P. -1.0m層以浅では昼間4時間以上干出しており、アオノリの生育には厳しい条件となっている。T.P. -1.5m層以深では中潮期では全日干出しなかった。

生育と葉長：スジアオノリの生育層別の葉長の経月変化について Fig. 10 に示す。

T.P. -0.5m層において、11月中旬に2cm程度の葉体が認められ、その後11月中旬にかけて徐々に伸長し、1月中旬にピークに達して葉長50cmの個体もみられた。1月下旬以降は胞子を放出したと思われる先端が白化した個体が多くなった。胞子の放出に伴い葉長は次第に短くなり、3月中旬までこの傾向が続いた。一方、春ノリ生育期の4～5月には葉体は認められなかった。

T.P. -1.0m層では11月中旬に3cm程度の葉体が認められ、その後12月下旬にかけて急激に伸長した。ピークとなった12月下旬には90cmまで伸長した個体が多くなり、T.P. -0.5m層と同様に3月中旬にかけて次第に短くなっていった。春ノリ生育期の4～5月には葉体は認められなかった。

T.P. -1.5m層では、上記の2層より約半月遅れて、11月中旬になって葉体が確認された。葉長は短く10cmを越えるものはなかったが、5月下旬まで葉体はみられた。

T.P. -2.0, -2.5, -3.0m層では、冬ノリの季節には葉体は確認できなかったが、春ノリの季節になると葉体が確認出来るようになり、5月にはT.P. -2.5mの層で、平均葉長8.8cmに伸長した。

生育層と被度：スジアオノリの水深別の被度を Fig. 11 に示す。冬ノリの芽生えの時期（11月中旬）では、生育層はT.P. -0.4～-1.4mにあったが、被度は10%以下であった。11月下旬になると生育層の下限は深いところに広がり、T.P. -1.8mで葉体が確認された。このうち、被度51%以上の繁茂域は、T.P. -0.85～-1.2mの間にあり、その上下における被度は、30%以下であった。11月下旬以降、繁茂域は次第に上下方向に広がり、被度51%以上の繁茂域が最も広がった1月下旬ではT.P. -0.6～-1.45mの層であった。1月中旬以降は繁茂域は上下方向とも狭くなり、2月下旬には51%以上の繁茂域はなくなった。

冬ノリ生育期の11～3月にかけて、生育層の上限は変化せずT.P. -0.4mであった。一方、生

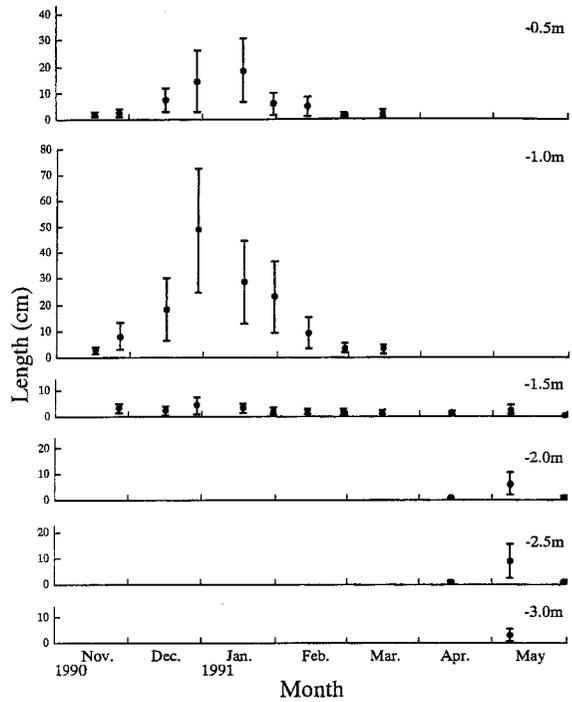


Fig. 10. Seasonal changes in frond length of *Enteromorpha prolifera* growing at different depth at Station 1.

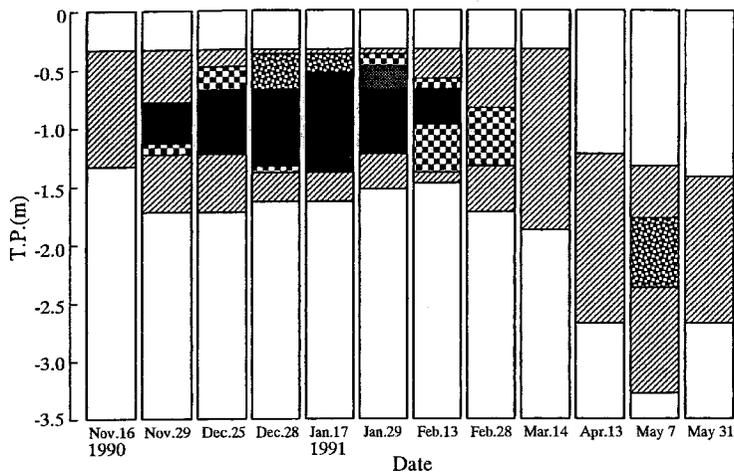


Fig. 11. Seasonal changes in coverage (%) of *Enteromorpha prolifera* growing at different depths at Station 1. ▨ 1~10%, ▩ 11~30%, ▧ 31~50%, ■ 51~70%, ◼ 71~100%

育層の下限は期間中変化し、11月下旬に T.P. -1.8 m まで深くなった後、12月下旬からは次第に浅くなった。この傾向は2月中旬まで続いた。

2月に入ると再び生育層の下限は深くなり、冬ノリよりも深いところまで生育する春ノリの特徴へと変化していった。春ノリ生育期の4~5月には生育層の上限は、冬ノリよりも約1 m 深いところへと移行し、T.P. -3.3 m まで葉体が確認できた。春ノリは被度が50%以上に濃密に繁茂するところがなかったが、5月上旬には、T.P. -1.85~-2.45 m 層に最もよくスジアオノリが生育していた。

考 察

4年間にわたり四万十川のスジアオノリの季節的消長を調査したが、スジアオノリが芽生えてくるのは11月中旬からで、12月から1月の2か月間が冬ノリの繁茂期と採取期になっていた。葉長と現存量は年により大きく変わっていた。2月下旬から3月下旬にかけては、藻体が短くなり一端消えるように衰退し、4月下旬に藻体は急激に長くなり春ノリの繁茂がみられるが、その後は衰退して夏の期間は川底から消えた。このようなスジアオノリの季節的消長のパターンは、ほぼ毎年一致していた。

これまでに、高知県新庄川 (Ohno & Miyanoue, 1980) と徳島県吉野川 (大野・松岡, 1991) で、スジアオノリの季節的消長に関する報告があり、新庄川や吉野川でもスジアオノリの季節的消長パターンに2つの繁茂期があり、四万十川のスジアオノリの季節的消長とほぼ一致していた。本河口域においては、冬ノリと春ノリの生育層が異なり、さらに形態的にも違いがみられた。

これら冬ノリと春ノリという生育パターンが同じ遺伝形質を持った藻体によって起こるとすると説明が難しいが、川底にふたつの品種のスジアオノリが生育しており、環境条件がそれぞれのもつ好適条件に適合した時に生長が促進すると解釈すると理解しやすいが、詳しい検討が必要であろう。

四万十川のスジアオノリについては、河口から上流生育限界域まで繁茂分布の報告がある（大野・高橋，1988）。これによるとスジアオノリは河口から6 km 上流まで繁茂がみられ、冬ノリはこの分布域のほぼ全域の浅い川底全体にみられるが、春ノリは、短期間限られた狭い区域で、比較的水深の深いところにみられる、両者の分布特性を決定するのは塩分であると推察された。

四万十川のスジアオノリの生育層は T.P. -0.5 m より下層に生育が認められ、生育の上限を決めるのは干出の程度であると考えられた。4年間の調査で、降水に伴う塩分の低下とスジアオノリの葉長、現存量との間にそれぞれ有意な相関が認められた（ $P < 0.01$ ）。特に生育期の降水量の増大は、葉体の先端部の成熟を促し白化現象を生じた。降雨に伴う濁度の増大もスジアオノリの生育の阻害となることが推察された。水温については、今回の調査から有意な相関関係は認められなかったが、気温の低い冬は、豊作になると言われており、今後の詳しい検討が必要であろう。

文 献

- OHNO, M. and MIYANOE, K. 1980 The ecology of alga *Enteromorpha prolifera*. Rep. Usa Mar. Biol. Inst., Kochi Univ. 2: 11-17.
- 大野正夫・高橋勇夫，1988. 高知県・四万十川に生育するスジアオノリの分布域について，高知大学海洋生物研報10: 45-54.
- 大野正夫・松岡正義，1991. アオノリの養殖. 食用藻類の栽培，（水産学シリーズ）三浦昭雄編，61～68，恒星社厚生閣，東京.

(Accepted 30 October, 1999)